Aus der Orthopädischen Klinik der
Universität Düsseldorf

Direktor: Professor Dr. med. K.-P. Schulitz

Die biomechanischen subchondralen Knocheneigenschaften im Retropatellargelenk

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von

Claus Peter Fornefeld

1983

UNIV.
LINCOLN
NEB.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543915_0049

Aus der Orthopädischen Klinik der
Universität Düsseldorf

Direktor: Professor Dr. med. K.- P. Schulitz

Die biomechanischen subchondralen Knocheneigenschaften im Retropatellargelenk

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von

Claus Peter Fornefeld

1983

"Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf"

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Hopf

Referent

gez.: Prof. Dr. Schulitz

gez.: Prof. Dr. Ulrich

Meiner Frau gewidmet

I N H A L T S Ü B E R S I C H T

A l l g e m e i n e r T e i l

I.1 Einleitung und Problemstellung

I.2 Morphologie und Mechanik des femoro-patellaren Gelenkes

I.3 Morphologie und Histologie der Chondromalazia patellae

I.3.1 Klinisches Bild der C. p.

I.3.2 Aetiologie und Pathogenese der C. p.

S p e z i e l l e r T e i l

II.1 Material und Methode

II.2 Ergebnisse

III Diskussion

IV Zusammenfassung

V Literaturverzeichnis

A l l g e m e i n e r T e i l

I.1 Einleitung

Entgegen der Bedeutung, die heute der Chondromalazia patellae als eigenständigem Krankheitsbild bzw. als Vorläuferin der Gonarthrose zuerkannt wird, erschienen nach der erstmaligen Beschreibung durch BÜDINGER (19o6) erst circa zwanzig Jahre später, dann allerdings in größerem Umfang, weitere Veröffentlichungen über diese retropatellaren Veränderungen.
Die vielfältigen Bezeichnungen und Erklärungsversuche weisen aber auf die damals herrschende Unsicherheit hinsichtlich Aetiologie und Pathogenese hin. Während z. B. BÜDINGER (19o8) "traumatische Knorpelrisse" an der Gelenkfläche der Patella beschrieb, sprach FRÜND (1926) von einer "traumatischen Chondropathie der Patella", HAGLUND (1926) von einer "hinteren Patellarkontusion", LÄWEN (1925) von "fissuraler Knorpeldegeneration der Patella".
Heute allgemein üblich sind die Termini "Chondropathia patellae" (MANDL, 1925) und "Chondromalazia patellae" (ALEMAN, 1928), wobei wir letzteren verwenden, da es sich hierbei auch um die international gebräuchlichere Form handelt.

Problemstellung

Eine endgültige Erklärung der Aetiologie und Pathogenese der Chondromalazia patellae (nachfolgend "C. p." abgekürzt) existiert auch heute noch nicht. Stattdessen entstand unter Beachtung verschiedener Arbeiten, auf die im folgenden noch näher eingegangen wird, eine "Überlastungs"-Theorie, deren Allgemeingültigkeit durch diverse neuere Arbeiten aber wieder in Frage gestellt wird. Gleichwohl können einzelne Aspekte weiterhin als Arbeitsgrundlage dienen.
In der vorliegenden Arbeit sollen nun durch Obduktion gewonnene Präparate untersucht und mittels der noch zu beschreibenden Klassifizierungsfaktoren verglichen werden.
Durch mechanische Druckbelastung definierter Areale und Röntgendarstellungen soll geprüft werden, wo und ob sich die im Kniegelenk herrschenden Druckverhältnisse als subchondrale, röntgenologisch darstellbare, Compactaverdichtungen oder -verbreiterungen manifestieren, und ob bzw. welche Zusammenhänge zwischen der C. p., ihrem Ausbildungsgrad und subchondraler Knochendichte bestehen.

I,2 Morphologie und Mechanik des femoro-patellaren Gelenkes

Die Kniescheibe ist ein platter, oval-dreieckiger Knochen, dessen Basis nach proximal und dessen Spitze, Apex patellae, nach distal gerichtet ist. Ihre Vorderfläche ist etwas gewölbt und rauh; die rückseitige Gelenkfläche, Facies articularis, ist vollständig überknorpelt und wird durch einen stumpfen Längsfirst, der die Patella in der Kniescheibengleitbahn des Femur führt, asymmetrisch in eine - meist - etwas kleinere, mediale und eine etwas größere, laterale Facette unterteilt. Aufteilung wie auch Form der Patella können allerdings individuell verschieden stark variieren (siehe auch I.3.2).

Entwicklungsgeschichtlich ist die Patella selbständig hinter der Quadricepssehne angelegt und verbindet sich erst später mit ihr (BERNAYS, 1955). Ein Großteil der Fasern zieht allerdings über sie hinweg und vereinigt sich distal zum Ligamentum patellae.

Während ihr einige Autoren maßgebliche Funktionen absprechen, vertritt z. B. BAUMGARTL (1964) eine große funktionelle Bedeutung der Patella: "..., weil sie die Quadricepssehne von den Femurkonylen abhebt und dadurch den virtuellen Hebearm verlängert. (Das Drehmoment eines Muskels für ein Gelenk entspricht dem Produkt aus Muskelkraft und virtuellem Hebelarm, wobei der virtuelle Hebelarm dem senkrechten Abstand zwischen Richtung der Endsehne und Drehungsmittelpunkt entspricht.)."

In diesem Sinne äußert sich auch SCHNEIDER (1968). Nach MOLONEY (1927) beträgt die Kraftersparnis bis zu neununddreißig Prozent.

Auch reduziert die Patella die Reibung zwischen Streckapparat und Femurkondylen; dieses insbesondere dadurch,

daß sie immer nur mit jeweils einem Facettenpaar (Einteilung siehe unten) auf ihnen gleitet. So artikuliert bei gestrecktem Gelenk bzw. geringem Beugegrad der distale Gelenkflächenanteil der Patella mit der proximalen Facies patellaris des Femurs. Nimmt der Beugegrad zu, wechseln die artikulierenden Anteile bei der Patella über das mittlere zum proximalen Facettenpaar bzw. umgekehrt beim Femur, und die Kniescheibe gleitet, einen konvexen, nach lateral gerichteten Bogen beschreibend, in der Furche der Facies patellae femoris bis vor die Fossa intercondylaris. Zwischen maximaler Streckung und Beugung legt sie dabei einen Weg von fünf bis sieben Zentimeter zurück, auf dem sie, durch die Verkleinerung der jeweiligen Kontaktflächen, hohen, sagittal gerichteten Druckwerten ausgesetzt ist, die ein Mehrfaches des Körpergewichtes erreichen.

Abb. 1

Kontaktflächen am Femurgleitlager bei 10°, 50° und 90° Beugung (nach GOODFELLOW, J. und HUNGERFORD, D., 1976)

Durch physiologische Druckreduktionen wird die Widerstandskraft des Gelenkknorpels normalerweise allerdings nicht überfordert (siehe auch I.3.2).

I,3 Morphologie und Histologie der Chondromalazia patellae

Es handelt sich bei der C. p. um einen lokalen, relativ altersunabhängigen Degenerationsprozeß des retropatellaren Knorpels, der erst sekundär zu Veränderungen am subchondralen Knochen führt.
Vom äußeren Aspekt her wird die C. p. in verschiedene Schweregrade eingeteilt. Die von FRÜND, BANDI u.a. gewählte Unterscheidung in drei Grade ist wohl die gebräuchlichste:

Schweregrad I : Er entspricht dem Anfangsstadium. Ausgehend vom distalen Rand - in der vorliegenden Untersuchung meist vom Mittelfeld - der medialen Facette und später auf die laterale Facette übergreifend entwickelt sich eine mehrere Millimeter durchmessende "ödematös-elastische" Erhabenheit, die sich weich anfühlt und z. B. mit einer Sonde leicht eingedrückt werden kann. Sie kann farblich (grau- oder braungelblich-matt statt weißlich-glänzend) verändert sein (nach WILES, 1956).

Schweregrad II : Anfangs noch längs, später auch sternförmig verlaufende Fissuren, die den Knochen noch nicht erreichen, wohl aber zystisch erweitert sein können, führen zu immer feineren Lamellen oder Schuppen mit zunehmender Zerfaserung des Knorpels.
(Siehe Abbildung auf der folgende Seite)

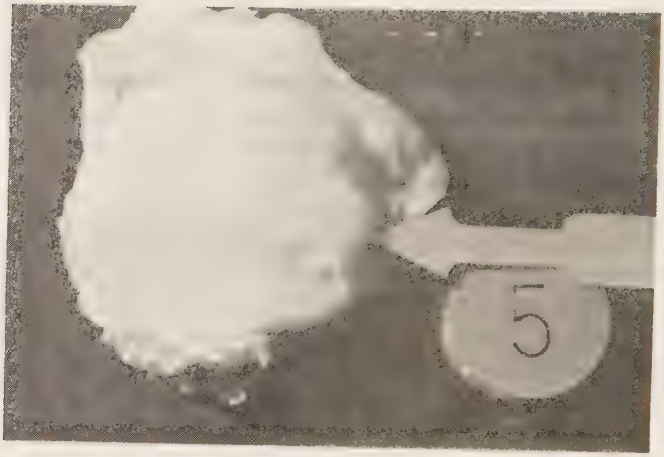


Abb. 2 : C. p., Grad II; Maßstab ca. 1 : 1,5

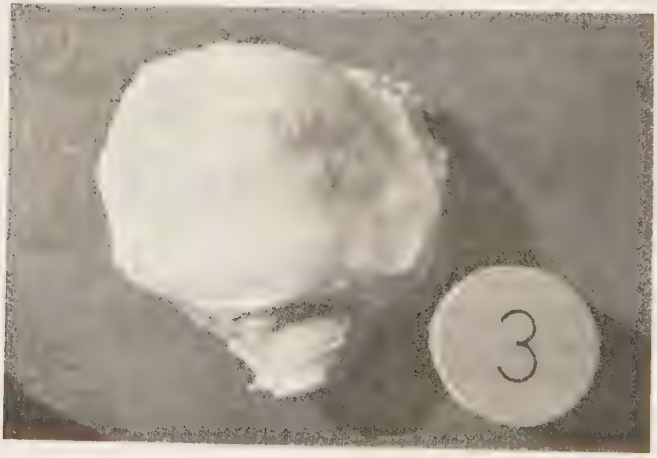


Abb. 3 : C. p., Grad III, eburnisiert; Maßstab 1 : 1,5

Schweregrad III : Abbildung siehe Seite 6, unten. Der völlige Zerfall größerer Knorpelbezirke legt die subchondralen Schichten frei. Es kommt zur vermehrten Bildung freier Gelenkkörper. Ein Übergang zur Arthrose ist möglich. Histologisch zeigt sich eine Demaskierung der kollagenen Fibrillen und eine Verdikkung oder sogar Verdoppelung der subchondralen Verkalkungszone (BANDI, 1972).

I.3.1 Klinisches Bild der C. p.

Die Patella und das patellofemorale Gelenk sind einer direkten Untersuchung nur schwer zugänglich. Auch kann eine C. p. jahrelang ohne Beschwerden verlaufen. So ist es nicht verwunderlich, daß Malazien des patellaren Gelenkknorpels oft nur als Zufallsbefunde bei operativen Eingriffen am Kniegelenk oder anläßlich von Sektionen gefunden werden.
Bemerkenswert ist hierbei der hohe Prozenzanteil Jugendlicher.
OUTERBRIDGE (1961), z. B. fand bei Menisektomien folgende Häufigkeiten chondromalazischer Veränderungen:

unter	2o	Jahre.....	5O %
2O -	3O	"	36 %
3O -	4O	"	44 %
über	5O	"	71 %

De MONTMOLLIN (1951) ist der Meinung, daß die C. p. ebenso häufig sei wie die Meniskusläsionen. Auch in Untersuchungen von ØWRE (1936), GRÜTER (1959), SILFVERSKJØLD (1938) und WILES (1956) wird eine Alters-

verteilung gefunden, die ungefähr den Relationen bei OUTERBRIDGE (1961) entspricht.
Eine Geschlechtsspezifität der C. p. konnte nach den vorliegenden, von Autor zu Autor stark variierenden Zahlen bisher nicht festgestellt werden.
Ebenso offen bleibt, ob und inwieweit die C. p. zwangsläufig in eine Arthrose übergeht. GOODFELLOW und HUNGERFORD (1976) schließen diese Möglichkeit nicht aus.
Häufig ist die C. p. Ursache unklarer Schmerzzustände (sogenanntes "Reizknie"), die es zu erkennen gilt. Oder sie tritt mit ihren Leitsymptomen nach endogener bzw. exogener Schädigung auf (s. I.3.2 "Aetiologie").

Als zuverlässiges und frühzeitiges Leitsyndrom gilt nach FICAT (197o) das sogenannte "Patellarsyndrom", dessen Einzelsymptome aber unterschiedlich stark ausgebildet sein bzw. ganz fehlen können.

Zuverlässig sind

- der Spontanschmerz mit Lokalisation vor oder hinter der Patella.
- provozierte Schmerzen; sie treten bei starker Palpation der Gelenkfacetten auf, die durch Verschieben der Patella nach medial bzw. lateral bei völlig entspanntem Quadriceps ermöglicht wird. Weiterhin kann man sie durch Perkussion der Patella bei angespanntem Quadriceps (sog. FRÜND'sches Zeichen) auslösen. Das ZOHLEN'sche Zeichen entsteht dadurch, daß der proximale Patellaanteil bei entspanntem Quadriceps nach dorsal gedrückt wird. Bei anschließender kräftiger Beugung im

Kniegelenk muß ein intensiver, deutlich seitenverschiedener, retropatellarer Schmerz entstehen.
- retropatellare Schmerzen, die nach langem Sitzen beim Aufstehen oder beim Treppensteigen auftreten.
- Einknicken (Giving-Way-Syndrom) beim Gehen oder Abwärtssteigen.

I.3.2 Aetiologie und Pathogenese der C. p.

Im Gegensatz zu den Erstbeschreibern diese Krankheitsbildes, die fast ausschließlich exogene traumatische Einwirkungen in den Vordergrund stellten, sieht man heute, neben den reinen Patella - Fehlstellungen oder den Dysplasien der Femurkondylen, im allgemeinen zwei verschiedene, allerdings meist kombiniert auftretende Mechanismen als Hauptursachen der C. p. an:
kleine aber häufige Traumatisierungen des Knorpels auf Grund endogener Faktoren in Verbindung mit Ernährungs- bzw. Regenerationsstörungen verschiedenster Ursachen.

Richtungsweisend waren hierbei die Arbeiten WIBERGs (1941), der eine Vielzahl von Leichenkniegelenken besonders unter funktionell - anatomischen Aspekten untersuchte und dabei häufig eine Inkongruenz zwischen den beiden Patellarfacetten und den korrespondierenden Flächen der Femurkondylen gefunden hatte. Die fibulare Facette sei in der Mehrzahl der Fälle größer als die tibiale und habe zudem wegen ihrer meist konkaven Form einen wesentlich engeren Kontakt zum Kondylus als die mediale Facette, die, bei oft kleinerer sowie konvexer Kontaktfläche,

besonders in Streckstellung nur noch punktuell mit dem Femur kontaktiere (siehe Abb. 1). Hierdurch komme es zwangsläufig zu unterschiedlichen, d. h. medial höheren Druckbelastungen pro Flächeneinheit des Gelenkknorpels. Da er nun in diesen höher belasteten Knorpelzonen beginnende Chondromalazien beobachtete, lag es nahe, eine Verbindung zwischen Chondromalazie, erhöhten Druckwerten und den verschiedenen Patellaformen herzustellen.
Um diese Formvarianten zu erfassen, entwickelte WIBERG (1941) ein dreistufiges Klassifizierungsschema, das von BAUMGARTL (1966) modifiziert wurde:

Typ WIBERG I

mittelständiger First mit annähernd gleichgroßer medialer und lateraler Facette, beide konkav;
Winkel 120° - 140°

Abb. 4

Typ WIBERG II

mediale Facette kleiner als laterale, beide konkav;
Winkel 110° - 120°

Abb. 5

Typ II / III
(BAUMGARTL)

wie Typ WIBERG II aber mit planer bis konvexer medialer Facette

Abb. 6

Typ WIBERG III

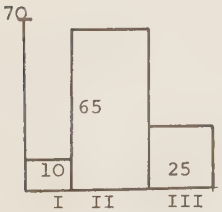
mediale Facette noch kleiner als beim Typ II, zudem konvex Winkel 90° -110°

Abb. 7

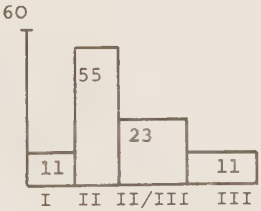
"Jägerhutfacetten" bzw. solche des Typs BAUMGARTL IV, d. h. sehr kleine knorrenartig vorspringende mediale Facetten, sind äußerst selten, und deshalb soll nicht näher auf sie eingegangen werden.

Abb. 8 : Häufigkeiten der WIBERG - Typen nach

ROHLEDERER (1961)



BAUMGARTL (1966)



WIBERGs Theorie wurde unterstützt durch die Beobachtungen ØWREs (1936), der chondromalazische Veränderungen gehäuft an der medialen Facette und hier besonders im Bereich der Punktbelastung fand.
Nur wenige Jahre später wurde der Zusammenhang zwischen erhöhtem Druck und Chondromalazie aber schon in Frage gestellt.
TRUETA und HARRISON (1953) stellten nämlich in ihrer Studie "The normal vascular anatomy of the femoral head in adult men" fest, daß Degenerationserscheinungen gerade an nicht druckbelasteten Stellen auftraten. Diese von verschiedenen Autoren in den letzten Jahren gemachte Beobachtung bestätigt die Arbeiten FÜRMAIERs (1953), der die degenerativen Erscheinungen am Patellarknorpel schon früh nutritiv verstanden wissen wollte, und ermöglicht eine dahingehende Zusammenfassung, daß demnach jede unphysiologische Druckbelastung, also sowohl Hypo- als auch Hyperpression, zu einer trophischen oder mechanischen Knorpelschädigung führen kann.
In diesem Zusammenhang stellte FICAT (197o) eine relative Hyperpression im Bereich der lateralen Patellarfacette auf Grund starker Scherkräfte seitens der dort einwirkenden Muskelzüge fest; entsprechend eine relative Hypopression medial.

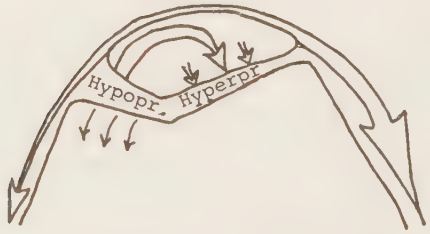


Abb. 9 : Darstellung des lateralen Überdruckes
(nach FICAT, 1975)

Durch dieses "laterale Hyperpressionssyn drom" seien besonders die Knorpelbezirke im Bereich der Crista patellae gefährdet, wobei sich die dysplastischen Patellaformen II / III und IV oder Funktionsanomalien innerhalb der Vastusgruppe noch verstärkend auswirkten.

Untersuchungen der letzten Zeit (Patel, 1978 und Kochs, 1979) beziehen einen weiteren Faktor, die sogenannte Plica synovialis medialis, in die Aetiologie der C.p. ein.

II Spezieller Teil

II.1 Material und Methode

Als Testmaterial dienten dreiundsiebzig Kniescheiben, die bei Sektionen am Institut für Rechtsmedizin der Universität Düsseldorf gewonnen wurden. Infolge der besonderen Umstände sind anamnestisch keine Daten bezüglich bestehender oder früherer Krankheiten, speziell des Kniegelenkes, bekannt.
Die Geschlechts- und Altersverteilung war rein zufällig.
Die Entnahme fand spätestens 48 Stunden post mortem statt. Der Numerierung folgte eine Befunderhebung hinsichtlich des Chondromalaziegrades (siehe I.3) I, II oder III und der Lokalisation:

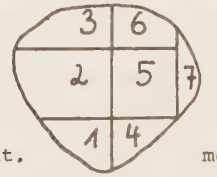


Abb. 10:
Patellarfacettenfelderung nach GRUETER

Anschließend wurden die Kniescheiben von Weichteilen befreit und formalinfixiert.

Die - auf den folgenden Seiten beschriebenen- mechanischen Untersuchungen fanden im Institut für Werkstofftechnik im Fachbereich Maschinenbau (Leitung: Prof. Dr.-Ing. Hüter-Georg Moslé) an der Gesamthochschule Duisburg an einer modifizierten Druckprüfmaschine Typ Roell und Korthaus, RKM 50, (s. Abb. 11 auf der folgenden Seite oben) statt, wobei anfänglich diverse technische Schwierigkeiten zu überwinden waren.

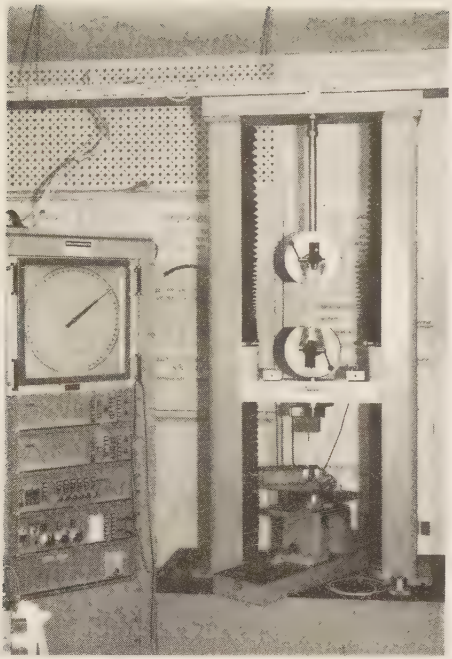


Abb. 11 : Belastungseinheit RKM 50

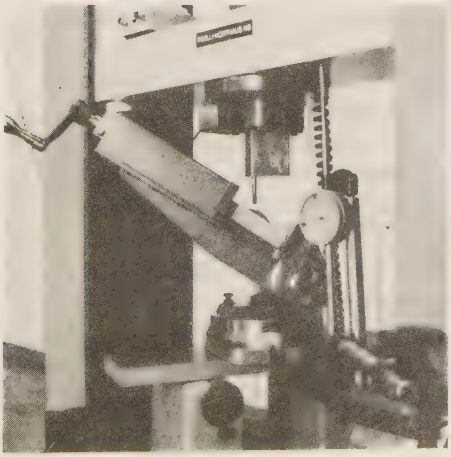


Abb. 12 : verwendeter Präzisionsschraubstock

Zur Schaffung einheitlicher Bedingungen mußten die zu untersuchenden Kniescheibenflächen möglichst gleichmäßig horizontal unter dem Druckstempel ausgerichtet werden. Dies gelang schließlich durch die Verwendung eines in verschiedenen Ebenen beweglichen Präzisionsschraubstockes (siehe Abb. 12).
Schwieriger gestaltete sich die Fixierung der Patellae. Bedingt durch die unregelmäßigen Formen kam es bei steigenen Druckbelastungen zu Kippbewegungen der eingespannten Kniescheiben, die natürlich zu einer Verfälschung der Meßdaten geführt hätten. ein festeres Einspannen kam nicht in Frage, da dadurch die Struktur des zu untersuchenden Knochens verändert worden wäre.
Es mußte also eine Möglichkeit zur Fixierung gefunden werden, die möglichst keine Strukturveränderungen am Untersuchungsgut hervorrufen, zugleich aber eine genügend hohe Stabilität gewährleisten würde.
Eibetten der Kniescheiben in Kunstharz (Acryl) erwies sich als undurchführbar, da es ein absolut trockenes Milieu voraussetzt.
Bei der Verwendung von Knochenzement kam es während der Vorversuche mehrmals zum vorzeitgen Bruch des "Palakos"-Blockes. Außerdem traten beim Aushärten der Masse unerwünscht hohe Temperaturen auf.
Schließlich fand sich in der Kalteinbettmasse "Akemi" das brauchbarste Material.
Nach der Einbettung wurde im Bereich der chondromalazischen Veränderung (z. B. GRUETER-Feld 3) und am korrespondierenden Vergleichspunkt (hier z. B. Feld 6) der anderen Facette circa ein Quadratzentimeter Knorpel entfernt, um dessen druckelastisches Verhalten auszuschließen.
Handelte es sich um eine "o.B. "- Patella, wurde der Knochen immer im Bereich der GRUETER-Felder 2 und 5 freigelegt.

Dann erfolgte die Fixierung des Blockes und seine Ausrichtung, so daß die Prüfbezirke anschließend annähernd waagerecht unter der kugelförmigen Auflagefläche des Druckstempels fixiert waren.

Auf Grund der Vorversuche war die Eindringtiefe des Stempels begrenzt, da ein weiteres Eindringen bzw. ein völliges Durchstoßen der Kniescheiben, das zwar in den Vorversuchen durchgeführt worden war und auch die zu erwartenden gesetzmäßigen Druckanstiege und -abfälle ergeben hatte, sich für die Fragestellung als irrelevant erwies.
Bei einigen Meßvorgängen wurden Schallemissionsmeßdosen zugeschaltet, einerseits als zusätzliche Kontrollmöglichkeit zur Feststellung der Eindringtiefe bzw. des Zeitpunktes der Compacta - Durchstoßung, andererseits zur Prüfung der Verwendungsmöglichkeit von Schallemissionsmessungen.

Weitere Untersuchungen:
Im Interesse möglichst exakter Ergebnisse wurde eine röntgenologische Untersuchung angeschlossen. Der besseren Beurteilung wegen wurden neben Aufnahmen in der - in vivo - üblichen Technik der Defilée - Aufnahme zusätzlich solche von Querschnittpräparaten aller Patellae angefertigt.
Hierzu wurden diese frontal zweimal so aufgesägt, daß der mittlere Anteil die eventuell vorhandenen chondromalazischen Bezirke erfaßte.
Diese Mittelstücke wurden auf Filmkassetten angeordnet und im exakt senkrechten Strahlengang geröntgt, was den oben angesprochenen Tangentialaufnahmen entspricht.
Besonderes Augenmerk wurde bei der anschließenden Beurteilung auf Zeichen der - vorher gegebenenfalls morphologisch festgestellten - Chondromalazie und auf Zeichen

medialer bzw, lateraler Compactaveränderungen im Sinne des lateralen Hyperpressionssyndroms (FICAT) gelegt.

II,2 Ergebnisse

Alle Kniescheiben wurden nach dem Grad der maximalen Schädigung klassifiziert, so daß solche mit Veränderungen 3. Grades natürlich auch solche 2. oder 1. Grades aufweisen können, Patellae mit Veränderungen 2. Grades auch solche 1. Grades.

Entnommene Kniescheiben 73

Tabelle 1 : Retropatellarer Knorpelzustand aller entnommenen Patellae

Die aus dem nachfolgenden Schaubild 1 ersichtliche Altersverteilung zeigt eine Bevorzugung der Altersgruppe über 50 Jahre. Läsionen des Grades III traten dagegen ausschließlich in dieser Altersgruppe auf. Hierbei dürfte es sich allerdings um eine zufällige Verteilung handeln, da andere Autoren (OUTERBRIDGE 1961, BANDI 1972, GRÜTER 1959 etc.) gerade das Auftreten stark chondromalazisch veränderter Kniescheiben auch in den niederen Altersstufen hervorheben, die dann aber auch im Obduktionsgut einen höheren Anteil haben.

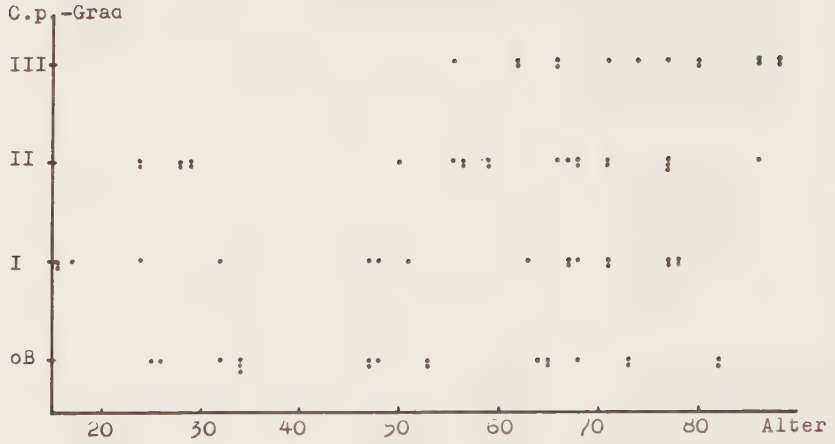


Schaubild 1 : Altersverteilung und Läsionsgrade der untersuchten Kniescheiben

Lokalisationen der chondromalazischen Veränderungen

Sie sind dem sich anschließenden Schaubild 2 oder, im einzelnen, der den Versuchsdiagrammen folgenden Gesamtauflistung zu entnehmen.
Es wurde die Einteilung nach GRUETER (siehe Seite 14) gewählt. Bei großflächigeren Läsionen wurde nach den Läsionszentren klassifiziert (siehe Schaubild 2)

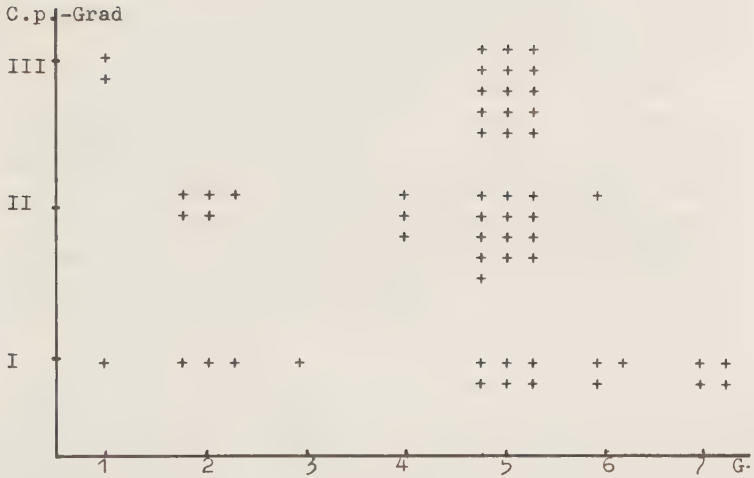


Schaubild 2 : C. p. - Lokalisationen nach GRUETER

Es findet sich eine deutliche Bevorzugung der medialen Facette, speziell des GRUETER-Feldes 5, insbesondere bei Läsionen III. Grades.
Hieraus sollte aber nicht abgeleitet werden, daß die C. p. vorzugsweise eine Veränderung der medialen Facette darstellt; sie ist hier nur, wenn sie auftritt, besonders ausgeprägt vorzufinden (im Sinne von Lokalisationszentren).

Die grafische Auswertung der Ergebnisse aller Druckprüfungen findet sich als Schaubild 3 auf der folgenden Seite. Die Einzelwerte sind wiederum der Gesamtauflistung zu entnehmen.

Im folgenden Schaubild 3 sind in fünf Blöcken, A - E, die 46 druckmesstechnisch untersuchten Patellae unter ihrer laufenden Nummer zusammengefaßt:

Block A = keine sichtbaren Läsionen
B = Schädigungen I. Grades
C = " II. "
D = " III. "
E = Patellae 1 u. 28 : o. B. sowie 5 weitere Patellae mit Läsionen III. Grades, die allerdings medial höhere Druckwerte als lateral aufweisen. Die jeweils übereinanderliegenden Quermarkierungen stellen das an einer Patella gemessene Wertepaar dar. Diesen ist, mit Ausnahme der Werte im Block E, gemeinsam, daß die lateral gemessenen Druckwerte immer deutlich über denen der medialen Facette liegen.

Schaubild 3 : grafische Auswertung aller Druckprüfungen

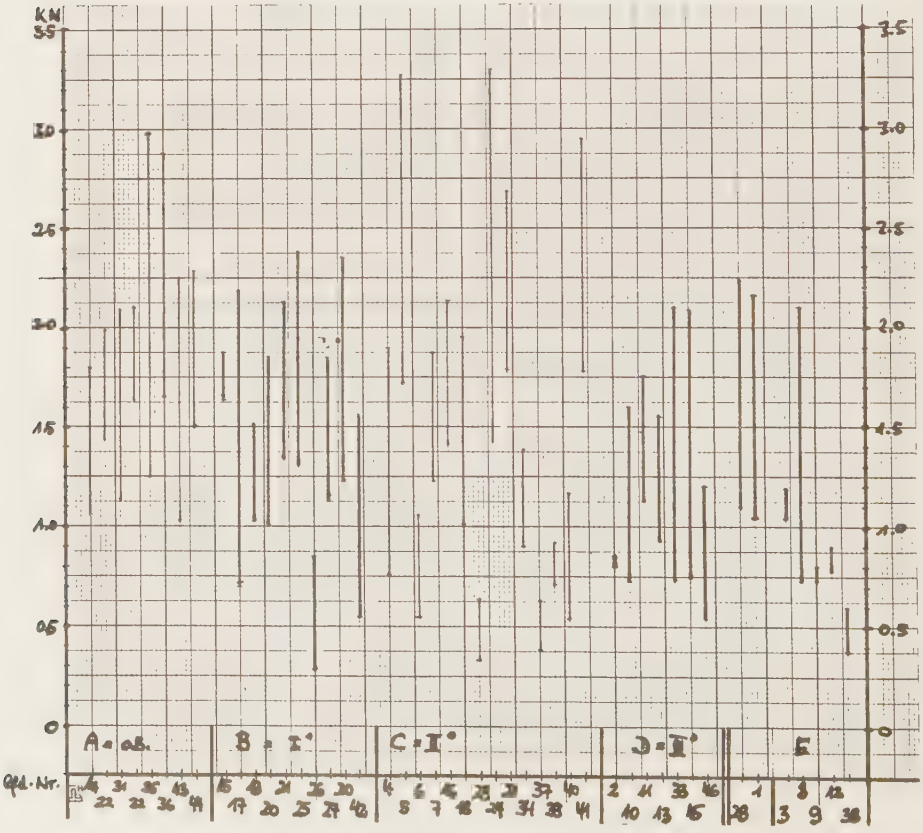


Tabelle 2 vergleicht die gemessenen Druckwerte (wie auf S. 16 beschrieben) in den verschiedenen Altersgruppen. Die ermittelten Durchschnittswerte lassen weiterhin die auch im vorangehenden Schaubild 3 gezeigten lateral höheren Druckwerte erkennen. Gleichzeitig zeigt sich eine deutliche Abnahme der Durchschnittswerte bei zunehmendem Alter.

Altersgruppe	Mittelwerte $\tilde{x}$ (in KN) mediale Facette	laterale Facette
- 35 Jahre (n = 10)	1.435	2.095
36 - 60 J. (n = 7)	1.01	2.10
61 - J. (n = 22)	0.75	1.675

Tabelle 2: Vergleich Alter - Druckwerte

In der folgenden Tabelle 3 werden die medial und lateral gefundenen mittleren Druckwerte in Abhängigkeit vom C.p.-Grad dargestellt. Die statistische Überprüfung der Ergebnisse erfolgte mittels des t - Tests für unverbundene Stichproben (homogene Varianz) nach McCall, Robert B., - Fundamental Statistics for Psychology, N.Y.: Harcourt, 1970. Die Formel lautet:

$$t_{obs.} = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{\left[\frac{(N_1 - 1)s_1^2 + (N_2 - 1)s_2^2}{N_1 + N_2 - 2}\right] \cdot \left[\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right]}}$$

Die Ergebnisse sind mit dem Zusatz " signifikant " (= s), " hoch signifikant " (= s+) bzw. " nicht signifikant " (= n.s.) versehen.
Das vorgegebene Signifikanzniveau beträgt p 0.05. Falls $p < 0.10$ ist dies gesondert vermerkt.

Läsionsgrad u. Anzahl n	Mittelwerte (in KN) und Signifikanz mediale Facette $\tilde{x}$	laterale Facette $\tilde{x}$
o.B. (n = 8)	1.375	2.175
I (n =10)	1.080 s.	1.865 n.s.
II (n =14)	0.955 s. $p < 0.1$	1.890 n.s.
III (n = 7)	0.74 s+	1.55 s+

Tabelle 3: Vergleich C.p.-Grad - Druckwerte

In der folgenden Tabelle 4 wurden nur Messungen ausgewertet, bei denen die GRUETER - Felder 2 und 5 als Läsionszentren auftraten. Hierbei tritt die Abhängigkeit von Läsionsgrad und im Versuch aufgewandten Druck noch deutlicher hervor.
Auffallend ist ein deutlicher Einbruch der Durchschnittswerte in der Schädigungsgruppe " Grad I ".

Läsionsgrad u. Anzahl n	Mittelwerte (in KN) und Signifikanz mediale Facette $\tilde{x}$	laterale Facette $\tilde{x}$
o.B. (n = 8)	1.375	2.175
I (n = 2)	0.81 s.	1.49 s.

Fortsetzung nächste Seite

weiter Tabelle 4 :

		$\tilde{x}_{med}$			$\tilde{x}_{lat}$	
II	(n =12)	0,955	s.	$p < 0.10$	1.89	n.s.
III	(n = 6)	0.77	s+		1.675	s+

Tabelle 4: Vergleich Läsionsgrad - Druck bei Feld 5/2

Auf der folgenden Seite findet sich ein Originalmeßprotokoll als Beispiel. Ab Seite 25 folgt die tabellarische Auswertung aller 46 Meßprotokolle.

Im Kurvenverlauf zeigt sich bis zur Erreichung des Spitzenwertes ein kontinuierlicher Kraftanstieg, da das eventuell verfälschende Elastizitätsverhalten des Patellarknorpels ausgeschaltet wurde. Dem Durchbruch durch die Corticalis folgt ein deutlicher Kurvenabfall, wobei sich anschließend Verformungswiderstände der subcorticalen Spongiosastrukturen darstellen. Weitere Daten finden sich auf dem Meßprotokoll:

Abb. 13 : Originalmeßprotokoll der vorgenommenen Druckprüfung. Die rechnerische Auswertung findet sich in der folgenden Gesamtauflistung.

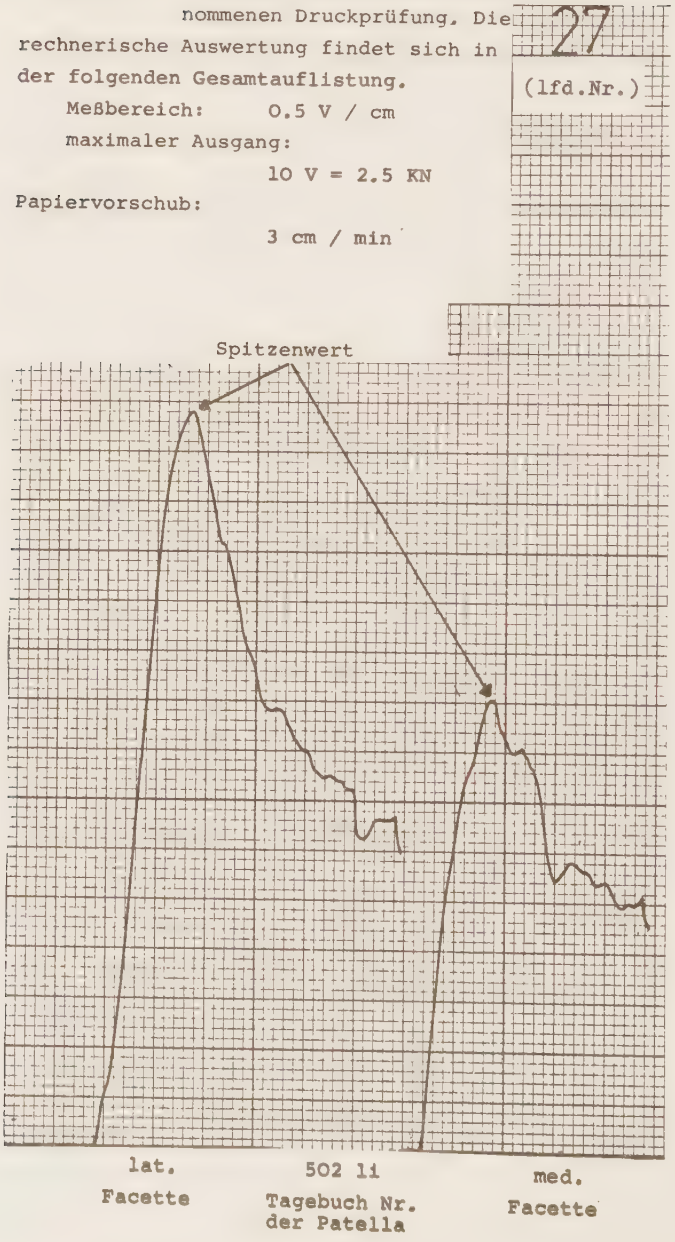
Meßbereich: 0.5 V / cm

maximaler Ausgang:

10 V = 2.5 KN

Papiervorschub:

3 cm / min



Lfd. Nr.	m / w	Alter	C.p.-Grad und Hauptlokalisation	Kraftaufwand (KN) medial - lateral	max. subchondrale Sklerosierung
1	w	51	I 5	2.16 - 1.04	
2	w	71	III 5	0.80 - 0.85	
3	m	77	III 5 (4,2,1)	1.19 - 1.04	
4	w	67	II 5 (4)	0.76 - 1.90	
5	m	24	II 5	1.72 - 3.27	
6	w	71	II 4	0.55 - 1.06	
7	m	29	II 4 (2,1)	1.23 - 1.88	
8	w	62	III 5 (2)	2.10 - 0.73	
9	w	62	III 5 (2)	0.80 - 0.73	
10	w	88	III 5 (4,6)	0.73 - 1.60	
11	w	88	III 5 (4)	1.13 - 1.75	
12	w	8o	III 5 (2)	0.90 - 0.78	
13	w	8o	III 5 (2)	0.93 - 1.55	

Die Röntgenbilder zeigen in allen Fällen eine angedeutet bis deutlich sichtbare lateral breitere subchondrale Sklerosierungszone.

Lfd. Nr.	m / w	Alter	C.p.-Grad und Hauptlokalisation	Kraftaufwand (KN) medial - lateral	max. subchondrale Sklerosierung
14	m	68	o.B.	1.06 - 1.80	
15	w	32	I 1	1.63 - 1.88	
16	w	5o	II 2	1.41 - 2.14	
17	m	68	I 7	0.70 - 2.18	
18	m	57	II 5	1.01 - 1.96	m.
19	m	24	I 3	1.03 - 1.51	o.
20	m	47	I 6	1.01 - 1.85	
21	m	63	I 2	1.34 - 2.13	
22	w	26	o.B.	1.44 - 1.99	
23	m	66	II 2	0.33 - 0.64	
24	m	29	II 5	1.43 - 3.30	
25	m	71	I 6	1.31 - 2.38	
26	m	71	I 5	0.28 - 0.85	

Lfd. Nr.	m / w	Alter	C.p.-Grad und Hauptlokalisation	Kraftaufwand (KN) medial - lateral	max. subchondrale Sklerosierung
27	w	67	I 7	1.13 - 1.85	
28	w	32	o.B.	2.24 - 1.10	
29	m	24	II 5	1.79 - 2.68	
30	m	17	I 7	1.23 - 2.35	
31	w	34	o.B.	1.14 - 2.09	
32	w	34	o.B.	1.63 - 2.10	
33	w	56	III 5	0.73 - 2.10	
34	w	56	II 2	0.90 - 1.38	
35	m	73	o.B.	1.25 - 2.98	
36	m	73	o.B.	1.65 - 2.88	
37	w	86	II 5	0.38 - 0.63	
38	w	86	III 1	0.60 - 0.38	
39	w	77	II 5	0.71 - 0.91	

Lfd. Nr.	m / w	Alter	C.p.-Grad und Hauptlokalisation	Kraftaufwand (KN) medial - lateral	max. subchondrale Sklerosierung
40	w	77	II 5	0.54 - 1.14	
41	m	77	II 5	1.78 - 2.95	
42	m	77	I 7	0.55 - 1.56	
43	w	47	o.B.	1.03 - 2.25	s. o.
44	w	47	o.B.	1.50 - 2.28	
45	m	86	III 5	0.74 - 2.09	
46	w	74	III 1	0.53 - 1.20	
47	m	53	o.B.		
48	m	53	o.B.		
49	w	48	o.B.		
50	w	71	II 5		
51	m	67	I 6		

Lfd. Nr.	m / w	Alter	C.p.-Grad und Hauptlokalisation	Kraftaufwand (KN) medial - lateral	max. subchondrale Sklerosierung
52	w	25	o.B.		
53	m	57	II 4		
54	m	15	I 5		
55	m	15	I 5		
56	w	82	o.B.		
57	w	82	o.B.		
58	w	68	II 6		
59	w	68	II 5		
60	m	77	I 5		
61	w	48	I 5		
62	m	28	II 2		
63	m	28	II 2		
64	m	34	o.b.		

s. o.

Lfd. Nr.	m / w	Alter	C.p.-Grad und Hauptlokalisation		Kraftaufwand (KN) medial - lateral	max. subchondrale Sklerosierung
65	m	34	o.B.			
66	w	65	o.B.			
67	w	65	o.B.			
68	m	78	I	2		s.o.
69	m	78	I	2		
70	m	59	II	5		
71	m	59	II	5		
72	m	66	III	2,5		
73	m	66	III	2,5		

Die Aussagekraft der röntgenologischen Untersuchung darf nicht überbewertet werden, da es sich um eine subjektive, rein optische Auswertung handelt, und Veränderungen im Röntgenbild bekanntlich erst bei größeren Verschiebungen des CaP-Gehaltes erkennbar werden.
Da diese Bedingungen aber auch im täglichen Routinebetrieb vorherrschen, und die übliche Tangentialaufnahmetechnik u. E. weniger eindeutige Aussagen ermöglicht, scheint uns diese Vorgehensweise, im Nachhinein auch durch die doch recht eindeutigen Ergebnisse, gerechtfertigt.
Wie aus der folgenden Kontaktkopie einer Röntgenaufnahme zweier Patella-Mittelstücke im direkten Strahlengang ersichtlich ist, weist die laterale Facette eine deutlich verbreiterte Compactazone auf.
Ähnliche Verhältnisse hinsichtlich der lateralen bzw. medialen Compactabreite finden sich auch auf allen anderen Aufnahmen.

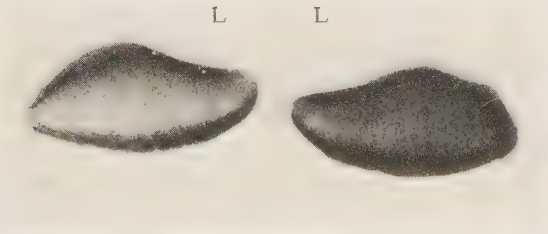


Abb. 14: Kontaktkopie einer Röntgenaufnahme zweier Patellamittelstücke mit lateral deutlich verbreiterter Compacta.

Abb. 15: Auch die obige Kontaktkopie zweier Patella-Mittelstücke nach Druckversuchen läßt noch die lateral deutlich verbreiterte Compacta erkennen.

Diskussion:

Angesichts der Schwierigkeit, daß sich die Chondromalacia patellae der Diagnose mit klinischen Hilfsmitteln nur zu häufig entzieht, gesicherte Erkenntnisse hinsichtlich des Grades der Knorpelveränderungen nebst genauer Lokalisation letztendlich nur am operativ gewonnenen, morphologisch faßbaren Präparat - eventuell noch durch die Arthroskopie - erbracht werden können, erschien eine Untersuchung hinsichtlich der Aussagekraft subchondraler, röntgenologisch möglicherweise faßbarer, Sklerosierungszonen, wie sie z. B. von FICAT (1970) beschrieben werden, sinnvoll.

Ausgehend von FICATs Theorie des " lateralen Hyperpressionssyndroms ", mit seiner Hypopression im Bereich der medialen Facette und der daraus resultierenden gestörten Trophik des Patellarknorpels mit makroskopisch sichtbaren Folgeveränderungen, wurden insgesamt 73 Kniescheiben untersucht.
Hiervon wiesen 19 keinerlei makroskopisch sichtbare Schädigungen auf, 54 Läsionen der Grade I bis III.
Bei diesen zeigte sich eine deutliche Bevorzugung der medialen Facette, die in 40 von 54 Fällen (= ca. 75 %) isoliert geschädigt oder als Mittel- bzw. Ausgangspunkt großflächigerer Schädigungen anzusehen war, wobei dem GRUETER-Feld "5", das in ca. 52 % der Fälle allein und in weiteren ca. 20 % als "Punctum maximum" chondromalazischer Veränderungen der medialen Facette auftrat, eine besondere Rolle zukam.
Ähnliche Verteilungsmuster finden sich u.a. auch in Arbeiten von BENGERT (1964), WIBERG (1941), OUTERBRIDGE (1961).
Lag eine isolierte oder übergreifende Schädigung auf der lateralen Facette vor, war überwiegend das Feld "2" maximal betroffen.

Dagegen zeigte die von FACIT als " zone critique " bezeichnete Firstregion in keinem der untersuchten Fälle eine isolierte Schädigung, sondern war allenfalls, sekundär, in facettenübergreifende Läsionen einbezogen. Ähnlich äußert sich auch ABERNETHY (1978).
Dies Verteilungsmuster folgt auch den Erkenntnissen anderer Untersuchungen, z. B. der Osteoporose-Studie von TRUETA und HARRISON (1953) oder den Arbeiten GOODFELLOWs und BULLOUGUs (1967), die Knorpelschäden gerade in unbelasteten Zonen des Hüftgelenkkopfes bzw., bei letzteren, des Radiusköpfchens fanden.

Hinsichtlich der Druckverhältnisse im Bereich der lateralen Facette spricht FICAT (1975) von einer Mehrbelastung, einer Hyperpression. Hierbei darf wohl am ehesten von intermittierend auftretenden hyperpressorischen Drucken ausgegangen werden. Nach JORES (192o) induzieren solche eine reaktive Verdickung bzw. Verdichtung des (hier subchondralen) Knochengewebes. Diese, von FICAT als " subchondrale Sklerosierungszonen " beschriebenen Veränderungen meßtechnisch und röntgenologisch zu erfassen, stand im Mittelpunkt des weiteren Vorgehens.
Nach Abschluß der Vorversuche standen noch 46 Patellae zur Verfügung, die mittels der vorstehend beschriebenen Versuchsanordnung untersucht wurden.
Hierbei zeigten sich deutliche Unterschiede in der Ausbildung der subchondralen Knochenstrukturen der lateralen bzw. medialen Facette. In den Druckversuchen wurden beim Durchstoßen der lateralen subchondralen Knochenplatte in der absoluten Mehrzahl der Fälle deutlich höhere Werte (in KN) gemessen als medial. So wurden, z. B., in der Gruppe der nicht geschädigten Kniescheiben medial durchschnittlich 1.34 KN, lateral dagegen 2.3O KN benötigt. Diese Seitendifferenzen treten in ähnlicher Relation bis hin zur Schädigungsgruppe III auf, und lassen die von FICAT (1975) beschrie-

bene lateral induzierte " densification sous-chondrale " als Regelfall wahrscheinlich erscheinen.
In diesem Sinn äußern sich auch De PALMA (1954), WILES (1956), BANDI (1972), STOUGARD (1975), ABERNETHY (1978).

Auch die Annahme hypopressorischer Druckverhältnisse für die mediale Facette mit einer daraus resultierenden Dichte- und/oder Dickenabnahme ihrer subchondralen Knochenplatte wird durch die signifikant geringeren Durchschnittsdruckmeßwerte unterstützt.
STOUGARD (1975) und ABERNETHY (1978) beschreiben eine Osteopenie unterhalb der medialen Patellarfacette.

Hinsichtlich der Pathogenese der C. p. könnte diesen osteopenischen Veränderungen, auf Grund eingeschränkter Widerstandsfähigkeit und verminderter Federkraft gegenüber Kompressionskräften und damit verbundenem Auftreten unphysiologischer Scherkräfte im Bereich der Knorpel - Knochen - Übergangszonen, neben der gestörten Trophik eine besondere Rolle zukommen.
Hierauf weist auch das gehäufte Vorkommen der C. p. in Altersgruppen, in denen osteoporotische Veränderungen am Knochen zunehmen, hin.
Die in Tabelle 3 zusammengestellten Durchschnittsmeßwerte in Verbindung mit dem Schädigungsgrad deuten ebenfalls in diese Richtung:
Mit dem Anstieg des Schädigungsgrades geht eine nahezu kontinuierliche Abnahme der erforderlichen Druckwerte einher.
Ein überproportionaler Abfall der Durchschnittswerte ist hierbei in der Gruppe der erstgradig geschädigten Patellae zu verzeichnen.
Bei 7 der 46 untersuchten Kniescheiben, vornehmlich solchen des C. p.-Grades III, traten - trotz lateral breiterer bzw. dichterer subchondraler Zone, medial höhere Meßwerte auf als lateral.
Da es sich fast ausschließlich um massive Schädigungen mit Knochenerosionen handelte, bieten sich eventuell

generalisierte oder lokale ultrastrukturelle Veränderungen größeren Ausmaßes, die zu individuell unterschiedlichen Schäden in der Biomechanik des subchondralen Knochens, speziell der Spongiosa, geführt haben könnten, als vorläufiger Erklärungsversuch an.

Zusammenfassend läßt sich folgendes feststellen:
Im vorliegenden Untersuchungsgut fand sich im Mittel ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer C. p. und subchondralen Knochenveränderungen.
Im Einzelfall läßt die Größe der Meßwerte dieser Veränderungen, die jeweils sowohl die laterale wie die mediale Facette betreffen, allerdings keine Aussage über den exakten Knorpelzustand zu.
Auch der röntgenologische Seitenvergleich ermöglicht innerhalb dieser Untersuchung keine Aussage hinsichtlich des C. p. -Grades, da sich in allen Fällen lateral eine Verdichtung oder Verbreiterung der subchondralen Knochenzone (s.o.: Regelfall) zeigte, und die Änderungen in der inneren Stabilität, wie sie die Druckversuche aufzeigen, sich in der optischen Auswertung nicht niederschlagen.

Zusammenfassung:

Es wurden 73 postmortal entnommene Kniescheiben verschiedener Altersstufen auf chondromalazische Veränderungen untersucht.
Diese fanden sich vorwiegend auf der medialen Facette, speziell im GRUETER-Feld "5", bzw. hatten hier ihr Maximum (75 %).
Mediale und laterale Facetten von 46 Kniescheiben wurden im folgenden druckmeßtechnisch untersucht, wobei in nahezu allen Fällen, in denen die Patellae keine sichtbaren Knorpelschäden bzw. solche I. oder II. Grades aufweisen, lateral ein deutlich höherer Kraftaufwand zur Durchstoßung der subchondralen Compacta erforderlich war als medial.
Ausnahmen bildeten 7 Kniescheiben (1 x o.B., 1 x Grad I 5 x Grad III), bei denen medial höhere Werte zu verzeichnen waren. Ein Erklärungsversuch wurde angeboten.
Es fand sich eine durch signifikant abnehmende Druckmeßwerte dokumentierte Abnahme der inneren Stabilität der subchondralen Knochenplatte - bei potisch unverändertem röntgenologischen Befund - bei zunehmendem Alter sowie ansteigenden C. p.-Graden.
Bei erstgradig geschädigten Patellae trat diese Abnahme überproportional deutlich auf.
Die Verbreiterung bzw. Verdichtung der lateralen subchondralen Knochenzone wurde als Regelfall beschrieben.
Die Diagnose einer C. p. anhand subchondraler Compacta-Veränderungen scheint nicht möglich.

V Literaturverzeichnis

1. Abernethy, P.J., Townsend, P.R., Rose, R.M., Radin, E.L. Is Chondromalacia Patellae A Separate Clinical Entity? J Bone Joint Surg 60-B, 205, 1978

2. Aleman, O.: Chondromalacia posttraumatica patellae. Acta chir. scand. 63, 149, 1928

3. Bandi, W.: Chondrmalacia patellae und femoro-patellare Arthrose. Helv. Chir. Acta suppl. 11, 1972

4. Bandi, W.: Trauma induced chondromalacia patellae. Prog. in Orthop. Surg. 1, 131, Springer

5. Baumgartl, F.: Das Kniegelenk. Berlin, 1964

6. Baumgartl, F.: Anatomische und klinische Bedeutung des Femoropatellargelenkes. Zbl. Chir. 91, 506ff,1966

7. Bengert, O.: Beitrag zur Chondropathia patellae. Arch. orthop. Unfallchir. 56, 458, 1964

8. Bernays: zitiert nach Schönbauer, H.R.: Trümmerbrüche der Kniescheibe. Arch. Orthop. Unfallchir. 47, 266, 1955

9. Billing. L.: Wert der Röntgenuntersuchung für die Diagnose der Chondromalacia patellae. Acta radiol. (Stockholm) 23, 317, 1942

10. Büdinger, K.: Über Ablösung von Gelenkteilen und verwandte Prozesse. Dtsch Z Chir. 84, 311, 1906

11. Büdinger, K.: Über traumatische Knorpelrisse im Kniegelenk. Dtsch Z Chir 92, 510, 1908

12. Bullough, J. und Goodfellow, P.: The significance of the fine structure of articular cartilage. J Bone Joint Surg 50-B, 852, 1968

13. Cross, M. und Waldrop, J.: The patella index as a guide to the understanding and diagnosis of patello-femoral instability. Clin. Orth. Related Research 110, 174, 1975.

14. Darracott, J. und Veron-Roberts, B.: The Bony Changes in Chondromalacia Patellae. Rheum. phys. Med. 11, 175, 1971

15. Ficat, P.: Pathologie femoro-patellaire Paris, Masson & Cie, 1970

16. Ficat, P. et al.: Syndrome d'hyperpression externe de la rotule. Rev. Chir. Orthop. 61, 39, 1975

17. Fründ, H.: Traum. Chondropathie der Patella, ein selbständiges Krankheitsbild. Zbl.f.Chir. 12, 707, 1926

18. Fürmaier, A.: Beitrag zur Aetiologie der Chondropathia patellae. Arch. Orthop. Unfallchir. 46, 178, 1953

19. Fürmaier, A.: Diagnostik der Chondropathia patellae. V. dtsch. orthop. Ges. 40, 279, 1953

20. Goodfellow, J..und Bullough, P.: The pattern of ageing of the articular cartilage of the elbow joint. J Bone Joint Surg 49-B, 175, 1967

21. Goodfellow, J. und Hungerford, L.: Patello-femoral joint mechanics and pathology / Chondromalacia patellae. J Bone Joint Surg 58-B, 287, 1976

22. Grimm, H.: Morphologische Untersuchungen der Kniescheibe bei Chondromalazie. Orthop. Klin. Univers. Heidelberg, Diss.,1977

23. Grueter, H.: Untersuchungen zum Patellahinterwandschaden. Z. Orthop. 91, 436, 1959

24. Haglund, P.: Die hintere Patellarkontusion. Zbl. Chir. 53, 1757, 1926

25. Harrison, M.H. et al.: Osteoarthritis of the hip. J Bone Joint Surg 35-B. 598. 1953

26. Hirsch, C.: A condition of the pathogenesis of chondromalacia of the patella. Acta chir. scand. Suppl. 83, 1, 1944

27. Insall, J., Falvo, K., und Wise, D.: Chondromalacia patellae, A prospective study
J Bone Joint Surg 58-A, 1, 1976

28. Jores, L.: Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung mechanischen Druckes auf den Knochen.
Beitr. path. Anat. 66, 433, 1920

29. Kochs, W.: Die Bedeutung der Plica synovialis mediopatellaris für die Chondromalazie der Patella.
Orthop. Klin. Univers. Düsseldorf, Diss., 1979, i. Dr.

30. Läwen : Knorpelresektion bei fissuraler Knorpelresektion der Patella. Beitr. Klin. Chir. 1925, 134

31. Mandl. F.: Chirurgie der Sportunfälle. Wien, 1925

32. Montmollin, B. de : Chondromalacie de la rotule.
Rev. Orthop. 37, 41, 1951

33. Outerbridge, R.: The etiology of chondromalacia patellae
J Bone Joint Surg 43-B, 752,1961

34. Outerbridge, R.: Further studies of the etiology of chondromalacia patellae. J Bone Joint Surg 46-B, 179,1964

35. Outerbridge, R. und Dunlop, J. : The problem of chondromalacia patellae. Clin. Orthop. Related Res. 110.177,1975

36. Øwre, A. : Chondromalacia patellae.
Acta chir. scand. Suppl. 41, 1936

37. Patel, D.: Arthroscopy of the plicae-synovial folds and their significance. Am. J. Sport Med. Vol.6, No.5, 217, 1978

38. Refior, H.J./Hachenbroch jun. M.H.: Die Reaktion des hyalinen Gelenkknorpels unter Druck, Immobilisation und Distraktion. H.z.Unfallheilkunde 127, 23, Springer

39. Rohlederer, O.: Die Torsionsverhältnisse des Kniegelenkes und ihr Einfluß auf den Patellagleitweg.
Dtsch. Orthop. Ges. 49, 192, 1961

40. Schneider, G.: Die Früharthrose im Femoropatellargelenk des Leistungssportlers. Arch. Orthop. Unfallchir. 54, 401, 1968

41. Silfverskjøld, N.: Chondromalacia of the patella. Acta orthop. scand. 9, 214, 1938

42. Stougard, J.: Chondromalacia of the patella. Acta orthop. scand. suppl. 46, 809, 1975

43. Trueta, J. und Harrison, M.H.: The normal vascular anatom of the femoral head in adult men. J Bone Joint Surg 35-B, 442, 1953

44. Villiger, K.J.: Zur Patella-Chondropathie. Chirurg 47, 547, 1976

45. Wiberg, G.: Roentgenographic and anatomic studies on the femoro-patellar joint. Acta orthop. scand. 12, 319, 1941

46. Wiles, P. et al.: Chondromalacia of the patella. J Bone Joint Surg 38-B, 95, 1956

Für die Überlassung des Themas und seine
Unterstützung danke ich herzlich
Herrn Professor Dr. med. K.-P. S c h u l i t z

Danken möchte ich auch
Herrn Professor Dr.-Ing. H.-G. Moslé
für seine Unterstützung bei der Durchführung
der mechanischen Untersuchungen im Institut für
Werkstofftechnik im Fachbereich Maschinenbau an der
GH Duisburg.

Danksagen möchte ich besonders auch
Herrn Oberarzt Dr. med. E. H i l l e
für seine Hilfe bei der Durchsicht des Materials
und bei der Abfassung der Arbeit

Lebenslauf

18. Februar 1953	geboren in Paderborn Eltern: Clemens Fornefeld, Kaufmann, und Theresia Fornefeld, geb. Kraft
1959 - 1963	Busdorf - Schule in Paderborn
1963 - 1972	Reismann - Schule in Paderborn, dort am 16. Mai 1972 Reifeprüfung
1972 - 1974	zweijährige Dienstzeit im Sanitätsdienst der Bundeswehr
WS 1974 - SS 1977	Naturwissenschaftliche Studiensemester an verschiedenen Hochschulen
WS 1977	Aufnahme des Medizinstudiums an der Universität Mainz Physikum im März 1979
SS 1979	Fortsetzung des Studiums an der Universität Düsseldorf
29.4.1983	Staatsexamen Derzeit als Assistenzarzt in der chirurgischen Abteilung des Katharinen-Hospitals in Willich tätig.